

## PENGUJIAN COMPRESSIVE STRENGTH DAN THICKENING TIME PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G DENGAN PENAMBAHAN ADDITIF RETARDER

Lisa Samura<sup>1</sup>, Kemas Akhmad Ainurridha,<sup>1</sup>Lilik Zabidi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Grogol Petamburan, Jakarta Barat

### ABSTRAK

Penggunaan additif pada semen biasa dilakukan dalam operasi penyemenan sumur minyak, gas, dan panas bumi. Sifat bubuk semen harus disesuaikan dengan kondisi formasi. Kualitas bubuk semen yang digunakan akan ditinjau dari parameter kualitasnya yaitu nilai *compressive strength* yang cukup besar dan *thickening time* yang tepat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya peningkatan *compressive strength* dan *thickening time* pada sampel semen yang ditambahkan additif retarder jenis *calcium carbonate*, *hydrated lime* dan *lignosulfonate*. Selanjutnya diselidiki additif yang paling efektif dalam peningkatan *compressive strength* dan *thickening time*. Dari penelitian dihasilkan additif *hydrated lime* dengan konsentrasi 1.5% pada temperature 140°F sebagai additif dengan *compressive strength* paling besar. Dan additif *hydrated lime* dengan konsentrasi 1.5% pada temperature 80°F sebagai additif yang memiliki *thickening time* paling lama.

**Kata kunci:** *retarder*, *compressive strength*, *thickening time*, *calcium carbonate*, *hydrated lime*, *lignosulfonate*

### ABSTRACT

*The use of additives in cement mix is a common practice in oil, gas and geothermal well cementing. The characteristic of slurry must be suitable with formation condition. The quality of cement slurry used will be evaluated from the quality parameter that is the compressive strength value is big enough and the proper thickening time. The purpose of this research is to know how much the magnitude of the increase in compressive strength and thickening time in cement samples with additive of calcium carbonate, hydrated lime and lignosulfonate retarder additives. Further investigated the most effective additives in increasing compressive strength and thickening time. From this research, additive hydrated lime with a concentration of 1.5% at 140 ° F as an additive with the greatest compressive strength. A hydrated lime additive with a concentration of 1.5% at 80 ° F as an additive having the longest thickening time.*

**Keywords:** *retarder*, *compressive strength*, *thickening time*, *calcium carbonate*, *hydrated lime*, *lignosulfonate*

### PENDAHULUAN

Pengontrolan dan penggunaan semen pemboran merupakan kunci keberhasilan penyemenan. Kegagalan proses penyemenan dapat terjadi karena mekanisme pendorong bubuk semen yang tidak sempurna sehingga lubang annulus tidak terisi penuh oleh bubuk semen dan juga diakibatkan kurang baiknya perencanaan pembuatan bubuk semen. Bubuk semen berfungsi dengan baik jika ditambahkan berbagai konsentrasi additif sehingga diperoleh formulasi komposisi yang optimum.

Penyemenan selubung sumur minyak dan gas bumi bertujuan :

- Memisahkan lapisan produktif dan non produktif.
- Mencegah kerusakan korosi rangkaian selubung oleh cairan pada formasi yang bersifat asam tinggi.
- Melakukan penyemenan pada selubung sampai ke permukaan sehingga akan menahan semua berat selubung.

- Menutup zona hilang sirkulasi atau zona bertekanan abnormal.

#### A. Bahan Additif Semen

Additif pada semen berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan densitas, menaikkan kekuatan (*strength*), mempercepat atau memperlambat waktu pengerasan, mengatur hilangnya air lapisan ke formasi, menaikkan daya tahan semen terhadap cairan korosif, menaikkan atau menurunkan kekentalan (*viscositas*), dan mencegah hilangnya sirkulasi semen.

Zat additif yang digunakan berbentuk bubuk yang dicampur dengan bubuk semen sebelum diaduk dengan air. Kuantitatif nya dalam bubuk semen dinyatakan dalam persen berat bubuk semen atau % BWOC (*By Weight of Cement*).

Jenis zat-zat additif sebagai berikut:

1. *Silica flour* digunakan pada penyemenan sumur bersuhu tinggi. Digunakan untuk mencegah terjadinya pengurangan nilai kuat tekan (*compressive strenght*).
2. *Accelerator* digunakan untuk mempercepat waktu pengerasan semen sehingga *thickening time* menjadi lebih singkat. *Accelerator* digunakan untuk penyemenan pada sumur dangkal, temperatur dan tekanannya rendah, dan jarak untuk mencapai target tidak terlalu lama sehingga waktu pengerasan semen bisa dipercepat dimana dalam waktu 4 jam kekuatan semen dapat mencapai 500 psi.  
Contoh *accelerator* adalah : *Kalsium klorida* dan *sodium klorida*.
3. *Retarder* digunakan untuk memperlambat pengerasan semen sehingga memperpanjang waktu pemompaan bubuk. *Retader* digunakan pada sumur dengan kedalaman 6.000 – 25.000 ft dan temperatur pada dasar sumur antara 170 °F sampai 500 °F.  
Contoh *retarder* adalah : *calcium lignosulfonate* dan *carbonxymethyl hydroxythyl cellulose* (CMHEC).
4. *Extender* berfungsi menurunkan densitas bubuk semen untuk menghindari hilangnya bubuk semen yang masuk ke dalam formasi yang bertekanan rendah (*zone lost circulation*). Pada kedalaman tertentu tekanan hidrostatik bubuk semen sangat bergantung pada densitas bubuk semen tersebut.  
Contoh *extender* adalah: *bentonite*, *pozzolan*, *attapulgit*, *expanded perlite* dan *sodium silicate*.
5. *Heavy-Weight Additive* digunakan untuk menambah berat densitas bubuk semen. Kondisi tekanan formasi yang dihadapi cukup besar. Supaya tidak terjadi semburan liar (*blow out*) *specific gravity*-nya berkisar antara 4.0 – 5.0, memerlukan sedikit air, bersifat tidak menurunkan *strength*, mempunyai efek yang sangat kecil saat pemompaan, mempunyai ukuran partikel yang relatif seragam, dan dapat bercampur dan bersatu dengan additif lainnya.
6. *Fluid loss control* berfungsi mencegah hilangnya fasa fluida semen ke dalam formasi sehingga kandungan cairan pada bubuk semen terjaga. *Fluid loss* yang diperbolehkan berkisar antara 150 – 250 cc selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 325 mesh pada tekanan 1000 psi. Pada *squeeze cementing*, *fluid loss* yang diijinkan sekitar 55 – 65 cc selama 30 menit.

## B. Sifat Fisik Semen Pemboran

Sifat fisik semen pemboran antara lain *Thickening Time*, *Compressive Strength* dan *Shear Strenght*.

1. *Thickening time* adalah waktu yang dibutuhkan bubuk semen untuk mencapai *consistency* maksimum 100 BC (*Bearden Unit of Consistency*). Waktu yang diperlukan antara 3 – 3,5 jam untuk penyemenan pada kedalaman 6.000 – 18.000 ft.
2. *Compressive Strenght* dan *Shear Strenght*

*Compressive strength* adalah kekuatan semen untuk menahan tekanan dari arah horizontal sedangkan *Shear strength* menahan tekanan dari arah vertikal.

*Compressive strength* berkekuatan 8 sampai 10 kali lebih besar dari *shear strength*. Pengujian *compressive strength* di laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat *hydraulic mortar* yang merupakan mesin pemecah semen. *Strength* minimum yang direkomendasikan API adalah 6,7 Mpa (1.000 psi).

## PERMASALAHAN

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi bubuk semen yang optimum dengan penambahan additive *retader* yaitu : *calcium carbonate*, *hydrated lime*, dan *lignosulfonate* terhadap kuat tekan (*compressive strength*) dan waktu pengerasan (*thickening time*) pada semen pemboran kelas G. Selanjutnya akan diselidiki jenis additive yang paling efisien dalam pengujian *compressive strength* dan *thickening time*.

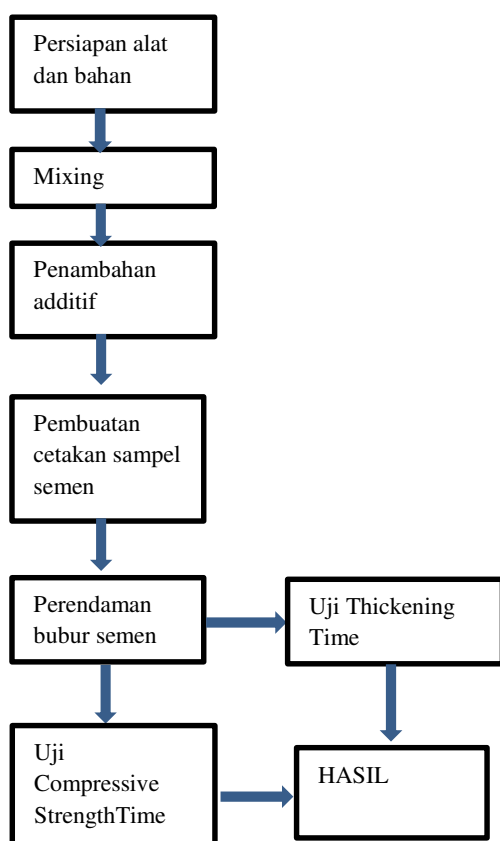
## METODOLOGI

Tahap pertama adalah pengujian mutu semen yang akan digunakan.

Tahap kedua dilakukan pengujian komposisi bubuk semen tersebut terhadap *compressive strength* dan *thickening time*, dengan penambahan additive *retader*. (*calcium carbonate*, *hydrated lime*, dan *hydrated lime*) sehingga dapat memenuhi kriteria *slurry design* yang diinginkan.

Tahap terakhir melakukan analisa dari hasil percobaan yang menghasilkan formulasi bubuk semen paling baik dari berbagai penambahan konsentrasi additif.

## PROSEDUR PERCOBAAN



Gambar 1. Prosedur Percobaan

## PERCOBAAN LABORATORIUM

Percobaan laboratorium dilakukan untuk masing-masing pengujian *Compressive Strength* dan *Thickening Time* dengan penambahan additive *calcium carbonate*, *hydrated lime* dan *lignosulfonate*.

Langkah percobaan sebagai berikut:  
*Compressive Strength*

Bahan yang digunakan : Semen kelas G, additive (*calcium carbonate*, *hydrated lime*, *lignosulfonate*) dan air.

Alat yang digunakan : Timbangan, *mixer*, cetakan semen, *water bath* dan *hydraulic pressure machine*

Pembuatan Suspensi Semen dan Komposisinya. Semen kelas G dengan *specific gravity* 3,14. Standar API *slurry* dan standar berat 15,33 ppg dengan pembuatan dilakukan saat kondisi permukaan bertekanan 1 atmosfer dengan temperatur 30 °C. Air destilasi digunakan untuk mencampur semen dengan *specific gravity* 1,0. Prosedur penyiapan bubuk

semen sesuai dengan API *specification for material and testing for well cement* dan standar industri Indonesia (SI-No.2294-88).

Prosedur Kerja Pengujian *Compressive Strength*:

### a. Pembuatan Sampel Semen

- Siapkan cetakan semen (*mold*) yang sudah dilapisi minyak pelumas secara merata.
- Panaskan *water bath*
- Timbang bubuk semen yang akan digunakan dalam kondisi kering.
- Ukur air sesuai dengan komposisi. Masukkan air ke dalam *mixer* berkecepatan rendah 4000 rpm, masukkan semen lalu tutup *mixer*. Lakukan proses pengadukan pada kecepatan tinggi 1200 rpm.
- Tuangkan sampel bubuk semen dari *mixer* ke *mold* dan tutup dengan *cover plate*.
- Masukkan *mold* yang berisi bubuk semen ke *water bath* selama 24 jam.
- Pada 45 menit terakhir, *mold* diangkat dan direndam dalam air.

### b. Pengkondisian suspensi semen dengan menggunakan *water bath* pada temperatur antara 27 °C (80 °F) sampai dengan 60 °C (140 °F).

Tahapan :

- *Water bath* diisi dengan air
- Sistem kontrolernya diaktifkan. Jarum penunjuk temperature diatur dengan waktu, tunggu sampai 24 jam.
- Angkat sampel dan didinginkan.

### c. Pengujian *Compressive Strength* dengan *Hydraulic Pressure*

- Letakkan sampel pada *bearing block* mesin penguji. Sisi yang kasar diarahkan menghadap ke luar.
- Beri nomer jika sampel lebih satu *cube*.
- Gunakan *hydraulic pressure* untuk menekan *cube* hingga pecah.
- Catat hasil pengujian kuat tekan dalam satuan psi.

### 1. Percobaan *Thickening Time* diukur menggunakan *thickening time tester* yaitu *vicat penetrometer*. Percobaan dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mencapai harga maksimum konsistensi 100 BC (*Bearden Unit of Consistency*)

## HASIL DAN ANALISIS

Setiap penambahan masing-masing additif dilakukan pengujian *compressive strength* dan *thickening time* nya. Pengujian dilakukan pada temperatur 80 °F dan 140 °F . Waktu perendaman dilakukan selama 24 jam.

Konsentrasi penambahan additif *retader* : *Calcium Carbonate*, *Hydrated Lime* dan *Lignosulfonate* sebagai berikut:

No	Additif	Konsentrasi (%)					
1.	<i>Calcium Carbonate</i>	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
2.	<i>Hydrated Lime</i>	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
3.	<i>Lignosulfonate</i>	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

### I. Hasil Pengujian Laboratorium *Compressive Strength* pada masing-masing additif sebagai berikut:

#### a. *Calcium Carbonate*

No	Air (ml)	Semen (gram)	Keterangan			
			Additif		<i>Compressive Strength</i> (Psi)	
			%	gram	80°F	140°F
1	348,2	791,5	0	0	1.200	4.215
2	348,2	786,9	0,5	3,95	1.288	4.578
3	348,2	782,8	1	7,9	1.370	4.931
4	348,2	778,5	1,5	11,8	1.464	5.185
5	348,2	774,3	2	15,8	1.118	4.325
6	348,2	770,04	2,5	19,7	930	3.465

#### b. *Hydrated Lime*

No	Air (ml)	Semen (gram)	Keterangan			
			Additif		<i>Compressive Strength</i> (Psi)	
			%	gram	80°F	140°F
1	348,2	791,5	0	0	1.200	4.215
2	348,2	786,56	0,5	3,95	1.350	4.678
3	348,2	781,8	1	7,89	1.600	5.030
4	348,2	777,2	1,5	11,8	1.850	5.285
5	348,2	772,6	2	15,7	1.285	4.735
6	348,2	767,91	2,5	19,6	1.020	4.285

#### c. *Lignosulfonate*

No	Air (ml)	Semen (gram)	Keterangan			
			Additif		<i>Compressive Strength</i> (Psi)	
			%	gram	80°F	140°F
1	348,2	791,5	0	0	1.200	4.215
2	348,2	785	0,5	3,94	1.050	3.947
3	348,2	778,7	1	7,86	963	3.469
4	348,2	772,4	1,5	11,76	775	2.993
5	348,2	766,3	2	15,6	646	2.513
6	348,2	760,03	2,5	19,4	517	2.035

Hasil Pengujian Laboratorium *Thickening Time* untuk masing-masing additive sebagai berikut:

#### a. *Calcium Carbonate*

No	Air (ml)	Semen (gram)	Keterangan			
			Additif		<i>Thickening Time</i> (Menit)	
			%	gram	80°F	140°F
1	348,2	791,5	0	0	130	125
2	348,2	786,9	0,5	3,95	145	141
3	348,2	782,8	1	7,9	160	156
4	348,2	778,5	1,5	11,8	175	171
5	348,2	774,3	2	15,8	153	150
6	348,2	760,03	2,5	19,7	133	130

#### b. *Hydrated Lime*

No	Air (ml)	Semen (gram)	Keterangan			
			Additif		<i>Thickening Time</i> (Menit)	
			%	gram	80°F	140°F
1	348,2	791,5	0	0	130	125
2	348,2	786,56	0,5	3,95	146	143
3	348,2	781,8	1	7,89	165	162
4	348,2	777,2	1,5	11,8	183	181
5	348,2	772,6	2	15,7	160	161
6	348,2	767,91	2,5	19,6	137	140

### c. Lignosulfonate

No	Air (ml)	Semen (gram)	Keterangan			
			Additif		Thickening Time (Menit)	
			%	gram	80°F	140°F
1	348,2	791,5	0	0	130	125
2	348,2	785	0,5	3,94	143	134
3	348,2	778,7	1	7,86	149	141
4	348,2	772,4	1,5	11,76	155	147
5	348,2	766,3	2	15,6	161	154
6	348,2	760,03	2,5	19,4	168	160

### PEMBAHASAN

Proses awal pengujian dengan menggunakan air dan semen kelas G kemudian ditambahkan additif *calcium carbonate*, *hydrated lime* dan *lignosulfonate* dengan konsentrasi 0,5 %; 1%; 1,5% ; 2% dan 2,5 %.

Pengujian *compressive strength* pada semen setelah dilakukan penambahan additif *retarder* terjadi peningkatan setiap penambahan konsentrasi additifnya. Ini dikarenakan *retarder* berfungsi memperlambat pengerasan semen sehingga berpengaruh pada kuat tekan semen.

Pada penambahan additive *calcium carbonate* dan *hydrated lime* nilai *Compressive strength* bekerja maksimal pada konsentrasi 1.5% . Nilai *Compressive strength* untuk *Calcium carbonate* mencapai maksimum 1.464 psi pada temperature 80 °F dan 5.185 psi pada temperature 140 °F.

Nilai *Compressive strength* untuk *hydrated lime* mencapai nilai tertinggi 1.850 psi pada temperature 80 °F dan 5.285 psi pada temperature 140 °F. Tetapi nilai *compressive strength* menurun saat ditambahkan additive dengan konsentrasi lebih tinggi..

Penambahan additif *lignosulfonate* tidak dapat bekerja maksimal terhadap *compressive strength* karena nilainya menurun saat ditambahkan additif dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

Pada pengujian *thickening time* terlihat perubahan signifikan pada temperature 80 °F dan 140 °F pada masing-masing additif.. Dari hasil percobaan dengan penambahan konsentrasi additif *lignosulfonate* waktu *Thickening Time* yang paling lama dibandingkan dengan additif *calcium carbonate* dan *hydrated lime* . Jadi additif paling efektif yang mempengaruhi waktu pengerasan (*thickening time*) adalah *lignosulfonate*.

### KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian *compressive strength* dan *thickening time* dengan penambahan additif *retarder* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur sangat berpengaruh terhadap perubahan *compressive strength* dan *thickening time*.
2. Penambahan additive *calcium carbonate* dan *hydrated lime* bekerja maksimal sampai konsentrasi 1,5% selanjutnya nilai *compressive strength* akan menurun.
3. Penambahan additive *lignosulfonate* tidak dapat bekerja maksimal terhadap *compressive strength*.
4. Pengujian pada temperatur 80°F, additive *hydrated lime* memiliki nilai *compressive strength* tertinggi sebesar 1.850 psi. Pada temperatur 140°F, additive *hydrated lime* memiliki nilai *compressive strength* tertinggi sebesar 5.285 psi.
5. Pengujian pada temperatur 80°F dan 140°F , additive *hydrated lime* memiliki nilai *Thickening Time* tertinggi masing-masing 183 dan 181 menit.
6. Titik puncak nilai *compressive strength* terjadi pada additive *hydrated lime* yaitu pada temperature 140°F dengan konsentrasi 1.5% yaitu sebesar 5.285 psi.
7. Titik puncak *thickening time* terjadi pada penambahan additive *hydrated lime* pada temperature 80°F dengan konsentrasi 1.5% yaitu selama 183 menit.
8. *Hydrated lime* adalah additive yang paling efisien menahan tekanan pada pengujian *compressive strength*.
9. *Lignosulfonate* adalah additive yang paling efisien sebagai *retarder* pada pengujian *thickening time*.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Adam, Neal, J. : ‘Drilling Engineering, Complete Well Planing Approach “, Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
2. API Spec.10A, Specification For Cements and Material for Well Cementing, 23<sup>rd</sup> edition, 2002, Washington, DC: API.
3. Nelson E. B, ‘Well Cementing” Schlumberger Education Series Houston-Texas.
4. Rubiandini, Rudi, 2012, Teknik Operasi Pemboran Volume 1, ITB, Bandung.
5. Rubiandini, Rudi, 2012, Teknik Operasi Pemboran Volume 2, ITB, Bandung.
6. Suhala, Supriana, dan M. Arifin, 1997. Bahan Galian Industri, Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral

